

**PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA MATERIAL
KOMPOSIT BERBASIS Al/Zr HASIL PROSES
EQUAL CHANNEL ANGULAR PRESSING
*PARALLEL CHANNEL (ECAP – PC)***

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapat Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Disusun Oleh:

Tommi Jayanegara
3334121212

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON - BANTEN**

2019

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA MATERIAL
KOMPOSIT BERBASIS Al/Zr HASIL PROSES
EQUAL CHANNEL ANGULAR PRESSING
*PARALLEL CHANNEL (ECAP – PC)***

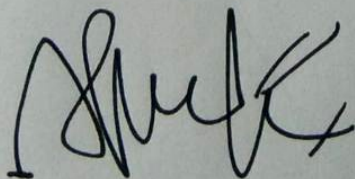
SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapat Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

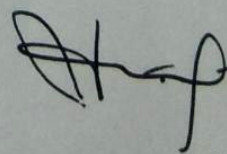
Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II



Agus Pramono, ST., MT., PhD.Tech
NIP. 197608182008011012



Adhitya Trenggono, ST., M.Sc.
NIP. 197804102003121001

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA MATERIAL
KOMPOSIT BERBASIS Al/Zr HASIL PROSES
EQUAL CHANNEL ANGULAR PRESSING
PARALLEL CHANNEL (ECAP – PC)**

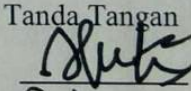
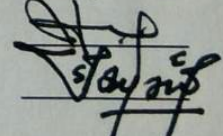
SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh :

Tommi Jayanegara

3334121212

Telah disidangkan di depan Dewan Penguji pada tanggal 31 juli 2019

	Susunan Dewan Penguji	Tanda Tangan
Penguji I (Ketua Sidang)	: Agus Pramono, ST., MT., PhD.Tech	
Penguji II	: Adhitya Trenggono, ST., M.Sc.	
Penguji III	: Suryana, ST., M.Si	

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



Adhitya Trenggono, ST., M.Sc.

NIP : 197804102003121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pengaruh Perlakuan Panas Pada Material Komposit
Berbasis Al/Zr Hasil Proses *Equal Channel Angular
Pressing Parallel Channel (ECAP - PC)*

Nama Mahasiswa : Tommi Jayanegara

NPM : 3334121212

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar pernyataan ini.



ABSTRAK

Produk ECAP-PC (*Equal Channel Angular Pressing – Parallel Channel*) memiliki potensi untuk menciptakan kekuatan yang luar biasa dan elastisitas yang baik dalam beberapa logam dan paduan UFG (*Ultra Fine Grain*). Pada penelitian sebelumnya, harus ditekankan bahwa ukuran butir aluminium UFG (*Ultra Fine Grain*) yang dihasilkan oleh proses ECAP-PC memiliki ukuran butir yang tidak seragam dikarenakan tekanan pada proses ECAP-PC tidak terdistribusi secara merata. Maka dari itu perlu dilakukan perlakuan panas untuk mengubah sifat material baik dari segi sifat mekanis dan perbaikan pertumbuhan butir. Dalam penelitian ini sampel *aluminium zircon* hasil proses ECAP-PC dipotong sebanyak 9 buah. *Heat treatment* dilakukan pada 3 sampel dengan variasi metode *heat treatment age hardening* dengan temperatur 530 °C dan waktu penahanan 60 menit. Kemudian *annealing* pada 3 sampel dengan temperatur 415 °C dan waktu penahanan 150 menit, juga pada 3 sampel *non heat treatment* sebagai perbandingan dari hasil *heat treatment*. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai kekerasan tertinggi yaitu sebesar 221,96 Hv dengan 3 kali siklus penekanan pada sampel hasil *age hardening*, sedangkan hasil pengujian tarik tertinggi yaitu pada nilai kuat luluh (*yield strength*) sebesar 234 Mpa, nilai kuat tarik (UTS) sebesar 268 MPa, dan nilai elongasi sebesar 36% dengan 3 kali siklus penekanan pada sampel hasil *annealing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan panas dapat mengendalikan nilai kekerasan komposit *aluminium zircon*. Proses *annealing* dapat menurunkan nilai kekerasan komposit *aluminium zircon* sedangkan proses *age hardening* dapat meningkatkan nilai kekerasan pada sampel komposit *aluminium zircon*. Semakin banyak siklus penekanan pada proses ECAP-PC, semakin tinggi nilai kekerasan dan kekuatan tarik yang didapat dalam setiap proses *heat treatment*.

Kata kunci : *equal channel angular pressing – parallel channel (ECAP-PC)*, *age hardening*, *annealing*.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis hanturkan kepada Allah SWT atas segala hidayah, nikmat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Adhitya Trenggono, ST., M.Sc. sebagai Ketua Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Ibu Anistasia Milandia, ST., MT selaku Koordinator Tugas Akhir.
3. Bapak Agus Pramono, ST., MT., PhD.Tech. sebagai pembimbing I dan Bapak Adhitya Trenggono selaku pembimbing II yang telah mengarahkan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan moral, materi serta doa.
5. Seluruh dosen dan staf jurusan Teknik Metalurgi FT. UNTIRTA yang telah memberikan ilmunya selama penulis kuliah di FT. UNTIRTA.
6. Pembimbing lapangan di Laboratorium PT. Krakatau Steel yang sudah membantu dalam memberikan arahan dalam topik penelitian dan arahan dalam proses pengujian.
7. Rekan – rekan seperjuangan Teknik Metalurgi FT. UNTIRTA angkatan 2012, yang telah memberikan masukan dan yang selalu mendoakan.
8. Serta semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membacanya.

Cilegon, Agustus 2019

Tommi Jayanegara

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu dan teknologi dewasa ini menuntut adanya material yang mempunyai kekuatan tinggi, mampu bentuk yang tinggi, dan komposisi kimia yang memadai. Teknologi menunjukkan kemajuan yang sangat pesat dalam berbagai macam aplikasi struktural seperti pada bidang industri otomotif dan penerbangan, sehingga kebutuhan pengembangan ilmu pengetahuan semakin meningkat. Dengan begitu semakin besar pula peluang untuk terciptanya inovasi baru dalam dunia industri terutama dalam bidang pengembangan teknologi material (Suyanto, 2014). Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan yang merupakan bahan gabungan secara makro. Oleh karena itu, bahan komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utamanya yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi material pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Kainer, 2006).

Aluminium matrik dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Aluminium yang dikenal sebagai logam yang mempunyai sifat ringan, tahan korosi, penghantar listrik yang baik digunakan sebagai matriks sedangkan zirkon berfungsi sebagai penguat. Penambahan zirkon ke dalam matriks aluminium sangat berperan dalam modifikasi system kristal

sehingga penggunaan zirkon sebagai penguat dapat menghasilkan aluminium komposit dengan sifat mekanik yang baik dan pendistribusian fasa presipitat yang tersebar merata serta dapat memperbaiki pertumbuhan butiran (Soesilowati, 2014).

Produk ECAP-PC (*Equal Channel Angular Pressing – Parallel Channel*) memiliki potensi untuk memproduksi bahan yang dapat digunakan dalam berbagai struktur aplikasi. Temuan ini mampu menciptakan kekuatan yang luar biasa dan elastisitas yang baik dalam beberapa logam dan paduan UFG (*Ultra Fine Grain*). Pada penelitian sebelumnya, harus ditekankan bahwa ukuran butir aluminium UFG (*Ultra Fine Grain*) yang dihasilkan oleh proses ECAP-PC memiliki ukuran butir yang tidak seragam dikarenakan tekanan pada proses ECAP-PC tidak terdistribusi secara merata. Maka dari itu perlu dilakukan perlakuan panas untuk mengubah sifat material baik dari segi sifat mekanis dan perbaikan pertumbuhan butir (J. Dvorak, 2013).

Perubahan sifat mekanis dari logam yang digunakan dalam komposit tersebut salah satu caranya yaitu dengan melakukan perlakuan panas. Perlakuan panas pada logam dapat mengubah struktur mikro dari logam sehingga akan berpengaruh terhadap sifat mekanisnya. Dengan perlakuan panas dapat membentuk sifat logam sesuai dengan penggunaan dari logam tersebut. Perlakuan panas *annealing* mampu meningkatkan presipitat dari *reinforcement* (dalam hal ini zirkon sebagai penguat) seiring meningkatnya suhu anil. Selama proses anil berlangsung, kepadatan dislokasi berkurang karena efek *recovery* dengan meningkatnya keuletan. Pada saat *annealing*, presipitasi terjadi bersamaan dengan proses rekristalisasi pada *annealing* sehingga presipitat akan terus terjadi seiring

meningkatnya suhu dalam proses anil dan memainkan peran penting untuk menstabilkan struktur mikro pada suhu tinggi. Metode perlakuan panas *age hardening* mampu memberikan efek memperpadat butiran pada matriks aluminium dan memperhalus butiran pada matriks aluminium, sehingga dapat meningkatkan stabilitas mikro struktur pada *reinforcement* dengan menjepit dan menghambat pergerakan batas butir. Metode Perlakuan panas tersebut dikonfirmasi sebagai metode yang tepat untuk meningkatkan sifat mekanis material logam *aluminium zircon* (Pramono, 2015). Berdasarkan hasil kajian literature, penelitian ini mengacu pada proses perlakuan panas *age hardening* dengan temperatur 530⁰C dengan waktu penahanan selama 60 menit kemudian didinginkan cepat dengan media air dan *annealing* dengan temperatur 415 ⁰C dengan waktu penahanan selama 150 menit, diturunkan ke temperatur 177 ⁰C dan dibiarkan dalam *furnace* untuk menurunkan temperatur secara alami. Perlakuan panas pada material komposit hasil proses ECAP-PC berguna untuk mendapatkan variasi *properties* yang dimiliki oleh material komposit bermatriks aluminium berpenguat zirkon.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan, maka timbul permasalahan pada penelitian ini, yaitu pada hasil proses ECAP-PC terdapat ukuran butir yang tidak seragam dikarenakan tekanan pada proses ECAP-PC tidak terdistribusi secara merata maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan perlakuan panas untuk meningkatkan sifat mekanis material dan memperbaiki pertumbuhan butir.

1.3 Tujuan Penelitian

Dari identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka tujuan yang ingin didapatkan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui pengaruh pass penekanan terhadap sifat mekanis pada material dalam proses ECAP-PC.
2. Mengetahui pengaruh perlakuan panas terhadap sifat mekanis pada material dalam proses ECAP-PC.
3. Mengetahui pengaruh struktur mikro terhadap kekerasan pada material dalam proses ECAP-PC.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Material komposit *aluminium zircon* hasil proses ECAP-PC dengan 1 kali penekanan, 2 kali penekanan dan 3 kali penekanan, masing-masing dipotong menjadi 3 bagian sampel berukuran diameter 1,5 cm dan tinggi 1 cm. Melakukan pengujian komposisi sampel untuk mendapatkan komposisi dari sampel material komposit *aluminium zircon*. Mendapatkan data sebelum dilakukan proses perlakuan panas dari 3 sampel pertama. Melakukan proses perlakuan panas *annealing* dengan temperatur 415 °C dan waktu tahan 150 menit dan *age hardening* dengan temperatur 530 °C dan waktu tahan 60 menit. Setelah itu, melakukan pengujian kekerasan *microvickers* untuk mengetahui nilai kekerasan material dan melakukan pengujian mikroskop optik untuk mengidentifikasi struktur mikro sampel komposit *aluminium zircon*.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab utama, daftar pustaka dan lampiran. Bab I merupakan pendahuluan yang berisikan latar belakang penelitian yang akan dilakukan dan menjelaskan solusi yang dihadirkan secara singkat guna mendapatkan hasil penelitian yang diinginkan. Selanjutnya merumuskan masalah yang menjelaskan hal apa yang menjadi masalah pada penelitian ini, kemudian menganalisis tujuan penelitian yang dapat menjelaskan tujuan utama dalam penelitian ini. Selanjutnya menghadirkan ruang lingkup penelitian guna menjelaskan hal-hal yang menjadi batasan pada penelitian ini. Kemudian merumuskan sistematika penulisan yang berisikan tentang gambaran yang ada pada tiap bab dalam makalah penelitian ini. Bab II merupakan tinjauan pustaka yang berisi uraian tentang teori dasar yang mendukung penelitian ini sekaligus sebagai acuan dalam analisis penelitian. Bab III menjelaskan mengenai metode penelitian yang berisi tentang diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian serta prosedur penelitian yang dilakukan. Bab IV merupakan pembahasan yang berisikan data hasil penelitian yang didapatkan dari pengujian kekerasan dan mikroskop optik yang dilakukan di Laboratorium Metalurgi FT. Untirta dan Laboratorium PT. Krakatau Steel serta pembahasan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan. Bab V merupakan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan mengajukan saran untuk penelitian selanjutnya dari hasil dan pembahasan. Selain itu, terdapat daftar pustaka berisikan referensi – referensi yang digunakan dalam penyusunan laporan, serta terdapat juga lampiran-lampiran sebagai data pendukung dari hasil penelitian.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Alumunium 1070	6
2.2 Zirconium.....	7
2.3 Material Komposit.....	8

2.4 <i>Equal Channel Angular Pressing</i>	11
2.4.1 Metode <i>Equal Channel Angular Pressing</i> Konvensional... ..	12
2.4.2 Metode <i>Equal Channel Angular Pressing – Parallel Channel</i>	15
2.5 <i>Heat Treatment</i>	19
2.5.1 <i>Annealing</i>	20
2.5.2 <i>Age Hardening</i>	22

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian.....	27
3.2 Alat dan Bahan	28
3.2.1 Alat Yang Digunakan	28
3.2.2 Bahan Yang Digunakan	28
3.3 Prosedur Penelitian.....	29
3.3.1 Preparasi sampel	29
3.3.2 <i>Heat Treatment</i>	30
3.3.3 Pengamatan Mikroskop Optik.....	32
3.3.4 Pengujian Kekerasan <i>Microvickers</i>	33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Kekerasan <i>Microvickers</i>	36
4.1.1 Analisa Pengaruh Proses <i>Heat treatment</i> Terhadap Nilai Kekerasan Sampel Komposit <i>Aluminium Zircon</i>	38
4.1.2 Analisa Pengaruh Siklus Penekanan Terhadap Nilai Kekerasan Sampel Komposit <i>Aluminium Zircon</i>	41

4.2 Hasil Pengujian Tarik	42
4.2.1 Analisa Pengaruh Proses <i>Heat treatment</i> Terhadap Nilai Uji Tarik Sampel Komposit <i>Aluminium Zircon</i>	43
4.2.2 Analisa Pengaruh Siklus Penekanan Terhadap Nilai Uji Tarik Sampel Komposit <i>Aluminium Zircon</i>	47
4.3 Analisa Pengamatan Struktur Mikro.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	59
LAMPIRAN A CONTOH PERHITUNGAN	60
LAMPIRAN B DATA HASIL PENELITIAN	61
LAMPIRAN C GAMBAR ALAT DAN BAHAN	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi Kimia Aluminium 1070.....	7
Tabel 2.2 Sifat-Sifat Zirkon.....	8
Tabel 2.3 sifat mekanis setelah proses ECAP-PC pada temperatur 100 °C.....	17
Tabel 4.1 Data Pengujian Kekerasan <i>Microvickers</i>	37
Tabel 4.2 Data <i>Ultimate Tensile Strength</i> Menggunakan.....	42
Tabel B.1 Tabel Hasil Pengujian Kekerasan <i>Microvickers</i>	61
Tabel B.2 Tabel Data Hasil Pengujian Tarik.....	62

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema Susunan Komposit.....	9
Gambar 2.2 Ilustrasi Skematis Dari Proses Ekstrusi Sisi, Yang Merupakan Semacam Ekstrusi Sumbu Ganda Atau Ekstrusi Samping	12
Gambar 2.3 Skema Proses ECAP.....	13
Gambar 2.4 Skematis Rute Proses ECAP Konvensional	14
Gambar 2.5 (a) Sekma Pemadatan Sampel ECAP-PC (b) Bentuk Sampel Yang Telah Terbentuk Melalui Proses ECAP-PC	15
Gambar 2.6 Ukuran Butir Setelah Proses ECAP-PC (a,b,c) 1 lintasan (d,e,f) 2 lintasan	18
Gambar 2.7 Skema Perlakuan <i>Annealing</i>	21
Gambar 2.8 Diagram Fasa Pemanasan Logam Paduan.....	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3.2 Sampel Yang Dipotong.....	29
Gambar 3.3 Sampel Yang Di <i>Mounting</i>	30
Gambar 3.4 Sampel Diproses <i>Annealing</i>	31
Gambar 3.5 Sampel Diproses <i>Age Hardening</i>	32

Gambar 3.6 Metode Pengujian Kekerasan <i>Microvickers</i>	34
Gambar 4.1 Grafik Nilai Kekerasan <i>Microvickers</i> Sampel Komposit <i>Aluminium Zircon</i> Sebelum <i>Heat Treatment</i>	38
Gambar 4.2 Grafik Nilai Kekerasan <i>Microvickers</i> Sampel Komposit <i>Aluminium Zircon</i> Setelah <i>Age Hardening</i>	39
Gambar 4.3 Grafik Nilai Kekerasan <i>Microvickers</i> Sampel Komposit <i>Aluminium Zircon</i> Setelah <i>Annealing</i>	40
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Siklus Penekanan Masing-Masing <i>Treatment</i> Terhadap Nilai Kekerasan	41
Gambar 4.5 Grafik Nilai Tegangan-Regangan Sampel <i>Non Treatment</i> <i>Aluminium Zircon</i>	44
Gambar 4.6 Grafik Nilai Tegangan-Regangan Sampel <i>Age Hardening</i> <i>Aluminium Zircon</i>	45
Gambar 4.7 Grafik Nilai Tegangan-Regangan Sampel <i>Annealing</i> <i>Aluminium Zircon</i>	46
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Antara Siklus Penekanan Masing-Masing <i>Treatment</i> Terhadap Nilai <i>Ultimate Tensile Strength</i>	47
Gambar 4.9 Struktur Mikro Perbesaran 100x (a) Sampel <i>Non Heat Treatment</i> 1 Siklus (b) Sampel <i>Non Heat Treatment</i> 2 Siklus (c) Sampel <i>Non Heat Treatment</i> 3 Siklus	49
Gambar 4.10 Struktur Mikro Perbesaran 100x (a) Sampel <i>Age Hardening</i> 1 Siklus (b) Sampel <i>Age Hardening</i> 2 Siklus (c) Sampel <i>Age</i> <i>Hardening</i> 3 Siklus	51

Gambar 4.11 Strukur Mikro Perbesaran 100x (a) Sampel *Annealing* 1 Siklus
(b) Sampel *Annealing* 2 Siklus (c) Sampel *Annealing* 3 Siklus

.....

52

Gambar C.1 *Aluminium Zircon* 1 Kali Pass Penekanan ECAP-PC..... 63

Gambar C.2 *Aluminium Zircon* 2 Kali Pass Penekanan ECAP-PC..... 63

Gambar C.3 *Aluminium Zircon* 3 Kali Pass Penekanan ECAP-PC..... 63

Gambar C.4 Alat *Polishing*..... 64

Gambar C.5 Alat *Grinding*..... 64

Gambar C.6 Alat Potong Sampel..... 64

Gambar C.7 Alat Uji Kekerasan..... 65

Gambar C.8 *Furnace*..... 65

Gambar C.9 Mikroskop Optik Digital..... 65